基于可穿戴式步态分析评价中医综合疗法治疗气滞血瘀型腰椎间盘突出症的回顾性研究

姚俊杰 1，商强强 2*，王宇峰，等. 基于可穿戴式步态分析评价中医综合疗法治疗气滞血瘀型腰椎间盘突出症的回顾性研究［J］. 中国全科医学，2022. ［Epub ahead of print］. DOI：10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0804

姚俊杰[1]，商强强[2*]，王宇峰[2]，栗嘉徽[1]，刘畅[1]，庞婷婷[1]

基金项目：国家中医药管理局中医药创新团队及人才支持计划项目(ZYYCXTD-D-202001)；吉林省教育厅科学研究项目（JJKH20220870KJ）；吉林省中医药科技项目（2022020）

1. 130117 吉林省长春市，长春中医药大学针灸推拿学院；
2. 130021 吉林省长春市，吉林省中医院/长春中医药大学附属医院推拿科
*通信作者：商强强，副教授，硕士生导师；E-mail: 470396919@qq.com

【摘要】 **背景** 临床中，中医保守治疗对腰椎间盘突出症（LDH）患者有明确疗效，其起效机制和生物力学效应是目前研究的热点。**目的** 应用可穿戴式惯性传感器对气滞血瘀型 LDH 患者治疗前后的步态进行分析，通过生物力学的方法验证中医综合疗法的作用优势。**方法** 回顾性收集诊断为 LDH 并辩证为气滞血瘀证的住院患者资料，患者应序贯接受包括针灸、推拿、中成药、中医定向透药的中医综合疗法治疗且时间不少于 1 周，比较治疗前后患者的步态分析参数、疼痛及功能障碍变化情况。**结果** 共纳入患者 40 例，经中医综合疗法治疗后疗效确切，未发生明显的不良事件，治疗后，疼痛视觉模拟评分（VAS）、腰椎 Oswestry 功能障碍指数（ODI）、日本骨科学会腰椎功能评分（JOA）较治疗前显著降低（P＜0.05）；患者治疗后步态分析的时空参数、关节旋转角度、对称指数均有显著性改变（P＜0.05），骨盆各方向活动度及髋、膝、踝关节的屈伸活动度变化无显著性意义（P＞0.05）。**结论** 中医综合疗法可明显改善气滞血瘀型 LDH 患者的疼痛、功能障碍，增加步行状态中的动态稳定性，是安全有效的保守治疗方案。
【关键字】 中医综合疗法；步态分析；腰椎间盘突出症；生物力学；惯性传感器
【中图分类号】

Retrospective study of Chinese medicine comprehensive therapy in the treatment of lumbar disc herniation with Qi-stagnation and blood-stasis based on wearable gait analysis

YAO Junjie[1], SHANG Qiangqiang[2], WANG Yufeng[2], LI Jiahui[1], LIU Chang[1], PANG Tingting[1]*
1. College of Acupuncture and Tuina, Changchun University of Chinese Medicine, Changchun, Jilin 130117, China
2. Department of Tuina, Jilin Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine/ the Affiliated Hospital to Changchun University of Chinese Medicine, Changchun, Jilin 130021, China
**Corresponding author: SHANG Qiangqiang, Associate professor, Master supervisor; E-mail: 470396919@qq.com*
【Abstract】 **Background** In clinical practice, conservative treatment of traditional Chinese medicine (TCM) has a clear curative effect on patients with lumbar disc herniation (LDH), and its mechanism and biomechanical effects are the hot spots in current research. **Objective** Wearable inertial sensors are used to analyze the gait of LDH patients with Qi-stagnation and blood-stasis before and after treatment, and the advantages of comprehensive therapy of TCM are verified by biomechanical methods. **Methods** Retrospectively collect the data of hospitalized patients diagnosed with LDH and dialectically diagnosed with Qi-stagnation and blood-stasis. Patients should sequential receive TCM comprehensive therapy including acupuncture, Tuina, Chinese traditional patent medicine and TCM directional drug for not less than 1 week. The

gait analysis parameters, pain, and dysfunction of patients before and after treatment were compared. **Results** A total of 40 patients were included. The curative effect was accurate after TCM comprehensive treatment, and no obvious adverse events occurred. After the treatment, pain Visual Analog Score (VAS), lumbar Oswestry Disability Index (ODI), and Japanese Orthopaedic Association Scores (JOA) were significantly lower than before treatment (P<0.05); The temporal parameters, joint angles and angular symmetry indices of the gait analysis were significantly changed after treatment (P<0.05). The changes of pelvis range of motion (ROM) in all directions, and flexion and extension ROM of hip, knee and ankle joints were not significant (P>0.05). **Conclusion** TCM comprehensive therapy can obviously relieve the pain and improve functional disorders of LDH patients with Qi-stagnation and blood-stasis, increase the dynamic stability in walking state, which is a safe and effective conservative treatment plan.
【Keywords】 Chinese medicine comprehensive therapy; Gait analysis; Lumbar disc herniation; Biomechanics; Inertial measurement units

腰椎间盘突出症（lumber disc herniation, LDH）是临床常见病，主要表现为病理性突出刺激或压迫神经而导致的腰痛、神经根性疼痛、单侧或双侧下肢麻痛，甚至大小便异常的临床综合症[1]。流行病学调查显示，LDH 的患病率约为 2%-4%，随着年龄的增长，女性发病率略高于男性[2, 3]。目前，LDH 的主要治疗方法有保守治疗、药物治疗、微创治疗、手术等，多数指南建议在发病前期以保守治疗为主，并根据患者的临床表现、间盘突出部位及神经根受压的程度采取个体化的治疗方案。

由于工作生活方式的改变，该病的发病率逐年上升，国内外的研究方向逐渐从机制研究转向对人体生物力学的探索，其中步态分析对该病的干预、康复和运动训练有巨大的应用潜力[4,5]。步行是人体日常生活中涉及关节活动最多且重复次数最多的活动，步态的生物力学分析对深入了解本病的发生发展及预后有重要提示作用。当前经过科学验证的步态分析技术包括红外线摄影机和测力台技术、无标记运动捕捉系统、可穿戴式惯性传感器系统等，国内使用红外线摄影机技术较多，但该技术对实验人员和场地要求严格，不利于临床操作和大样本试验的开展，可穿戴式惯性传感器系统相较于前者有操作简单、对场地要求较低、数据记录准确且丰富的优点，因此，作者通过 40 例应用可穿戴式惯性传感器系统在治疗前后进行步态分析的 LDH 患者的病历资料进行回顾性分析，以期探究中医综合疗法治疗过程中 LDH 患者的生物力学变化，并对 LDH 的保守治疗方案的优化提出建议。

1 资料与方法

1.1 研究对象

回顾性收集 2020 年 6 月至 2021 年 12 月在长春中医药大学附属医院推拿科住院治疗的 607 例入院诊断为 LDH 的患者，根据诊断及纳排标准，最终将 40 例患者纳入回顾性分析。本研究通过长春中医药大学附属医院医学伦理委员会批准（批号：CCZYFYLL-SQ-2020 审字-0171）。

1.1.1 诊断标准

西医诊断标准参照《腰椎间盘突出症诊疗指南》[1] ，患者具有腰椎间盘突出症相应的病史、症状、体征及影像学表现，且影像学与神经定位相符。中医辩证标准参照《中医病证诊断疗效标准》[6]，辨证为气滞血瘀证，症见腰部疼痛难忍且向下肢放射，日轻夜重，腰部板硬，仰俯旋转受限，痛处拒按或固定不移。舌质暗紫，或有瘀斑，脉弦紧或涩。

1.1.2 纳排标准

纳入标准 ①符合上述诊断标准，且符合上述中医辨证标准；②序贯接受中医综合疗法治疗且治疗时间不少于 1 周；③未服用过抗抑郁药物或镇痛药物；④疼痛视觉模拟评分法（Visual Analogue Scale, VAS）≥4 分；⑤性别、民族不限，年龄≥18 岁。

排除标准 ①认知、沟通严重障碍、量表完成度差的患者；②有严重骨质疏松者，或肿瘤骨转移者或椎管内占位性病变、骨质损伤、隐性脊柱裂、椎弓根崩裂者；③缺少关键临床信息或步态分析数据。

1.2 中医综合治疗方法

治疗原则：急性期以解结除痉止痛为原则，推拿操作应轻柔和缓，禁用或慎用扳法，以逐渐减轻患者的疼痛症状；缓解期和恢复期以除痹通经止痛为原则，应用中医综合疗法，进一步缓解疼痛并改善功能障碍。

1.2.1 推拿治疗

参照长春中医药大学附属医院推拿科《腰痛诊疗方案》中关于 LDH 的推拿治疗方法操作。

（1）治疗部位：以腰骶部、臀部为主，以腹部、下肢为辅，重点治疗足太阳膀胱经循行部位。
（2）推拿手法：按揉法；㨰法；拇指点按法；腰椎斜扳法等。
（3）治疗时间：推拿手法治疗每日 1 次，每次治疗约 30min；手法治疗结束后行腰椎斜扳法，隔日 1 次，一周 3 次。

1.2.2 针刺治疗

参照上述《腰痛诊疗方案》中关于 LDH 的针灸治疗方法操作。
（1）选穴原则：以局部为主，循督脉、腰夹脊、足太阳膀胱经、足阳明胃经、足少阳胆经辨证取穴，并选取下肢坐骨神经循行部位进行神经干刺激。
（2）操作：毫针刺入，平补平泻为主。
（3）治疗时间：每日 1 次，留针 30 分钟。

1.2.3 口服中成药

腰腿痛宁胶囊（长春中医药大学附属医院院内制剂，批准文号：吉药制字 Z20170064，由熟地黄、烫骨碎补、烫狗脊、鸡血藤、煅龙骨、煅牡蛎、醋乳香、薏苡仁、伸筋草、牛膝、醋延胡索等组成，通经活络、祛瘀止痛）口服。一次 6 粒，一日 3 次。

1.2.4 中医定向透药

采用院内提纯制剂（长春中医药大学附属医院院内制剂，由骨碎补、狗脊、透骨草、蒲黄、急性子、乳香、没药、葛根等提纯为膏剂，活血化瘀、行气止痛）涂抹于患处局部，予以医用纱布包裹，然后予以微波治疗仪照射，日 1 次，每次 15 分钟。

1.3 观察指标

步态分析、腰痛相关量表评分变化情况，均由 2 名医师共同操作并采集数据。

（1）步态分析相关参数采集：采用 Movit G1（Captiks Srl，意大利）可穿戴式惯性传感器与 Captiks Motion Studio（Movit System - Gait Analysis）电脑软件进行采集并分析。要求患者穿紧身衣裤，将 7 个惯性传感器通过魔术贴放置于骨盆上（第 5 腰椎水平）、双侧股骨中部外侧、双侧胫骨外侧（踝部稍上方）、双侧足背部，在患者充分适应场地和设备之后，以自然的行走姿势直线行走 10m，并重复 3 次，以完整记录步态数据，见图 1。



(a)



(b)

注：(a)可穿戴式惯性传感器的佩戴；(b)步态分析测试

图 1 惯性传感器的佩戴

Figure 1 Wearing of inertial measurement units

（2）腰痛相关量表评分

①VAS 评分；②日本骨科学会腰椎功能评分（Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA）评分；③腰椎 Oswestry 功能障碍指数（Oswestry Disability Index, ODI）评分。

（3）疗效标准（疗效相关性指标）

疼痛视觉模拟评分法（VAS）：观察治疗前后患者的 VAS 评分改善度。参照《临床疾病诊断依据治愈好转标准》，记录治疗前后评分的变化，分为治愈、显效、有效、无效 4 级。治愈：评分变化≥90%；显效：90%＞评分变化≥75%；有效：75%＞评分变化≥50%；无效：评分变化<50%。总有效率（%）=（治愈例数+显效例

数+有效例数）/总例数×100%。

1.4 统计学分析

运用 SPSS 26.0 统计软件进行分析，采用 Shapiro-Wilk 检验验证数据的正态性，所得计量资料使用（$\bar{x}$±s）描述，治疗前后疗效差异分析应用配对 t 检验，P<0.05 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料(见表 1)

表 1 纳入腰椎间盘突出症患者的一般资料分析（$\bar{x}$±s，n=40）

Table 1 General data analysis of patients with lumbar disc herniation

项目	例数	性别（例）		年龄（岁，$\bar{x}$±s）	身高（cm，$\bar{x}$±s）	体重（kg，$\bar{x}$±s）	BMI（kg/m^2，$\bar{x}$±s）	住院时间（天，$\bar{x}$±s）	患侧（例）		
		男	女						左	右	双侧
情况	40	18	22	52.85±15.17	170.19±9.71	73.95±19.29	25.17±4.19	17.42±6.17	18	8	14

2.2 LDH 患者治疗前后评分变化分析

治疗前与治疗后的疼痛、功能障碍评分显著改变（P<0.05)。根据临床疗效判定标准：中医综合疗法治疗 LDH 患者后共 35 例有效或显效，5 例无效，总体有效率为 87.5%。详细评分比较见表 2。

表 2 患者治疗前后 JOA、ODI 及 VAS 评分比较（$\bar{x}$±s，n=40）

Table 2 Comparison of JOA, ODI and VAS scores before and after treatment

评价项目	JOA	ODI	VAS
治疗前	11.68±2.52	53.78±6.33	7.40±1.25
治疗后	24.55±2.71 [a]	17.77±7.69 [a]	2.30±1.09 [a]
t 值	-20.754	24.548	17.559
P 值	<0.001	<0.001	<0.001

注：与治疗前比较，[a] P<0.05

2.3 LDH 患者治疗前后的步态变化分析

患者治疗前后步态分析中的时空参数均有显著性改变（P<0.05)，其中步频、步速、步幅、步行周期、支撑相占比、胫骨和足底冲击力数值增加，摆动相占比降低。详见表 3。

表 3 患者治疗前后步态分析的时空参数比较（$\bar{x}$±s，n=40）

Table 3 Comparison of temporal parameters of gait analysis in patients before and after treatment

时空参数	治疗前	治疗后	t 值	P 值
步频（Step / min）	103.31±9.33	107.54±7.08 [a]	-4.672	<0.001
步速（m/s）	0.96±0.19	1.03±0.14 [a]	-3.019	0.004
步幅（m）	1.05±0.14	1.15±0.14 [a]	-6.966	<0.001
步行周期（s）	1.13±0.11	1.19±0.12 [a]	-4.099	<0.001
支撑相占比（%）	62.17±2.29	61.14±3.56 [a]	-2.226	0.032
摆动相占比（%）	37.83±2.29	38.86±3.56 [a]	2.226	0.032
胫骨冲击力（g）	2.88±0.28	2.98±0.28 [a]	-2.760	0.010
足底冲击力（g）	3.16±0.16	3.23±.018 [a]	-3.025	0.005

注：与治疗前比较，[a] P<0.05

患者治疗后骨盆侧倾增加，侧斜和旋转降低，但活动度变化差异无显著性意义；髋关节内收外展和旋转活动度变化明显（P<0.05)，屈伸活动度变化无显著性意义；膝关节内外翻和旋转活动度变化明显（P<0.05)，屈伸活动度变化无显著性意义；踝关节仅旋转活动度有明显变化（P<0.05)，内外翻和屈伸活动度变化无显著性意义。详见表 4。

表 4 患者治疗前后关节活动度比较（$\bar{x}$±s，n=40）

Table 4 Comparison of joint angles in patients before and after treatment

关节活动度(°)	治疗前	治疗后	*t* 值	*P* 值
骨盆侧倾	2.89±1.22	3.00±1.17	-0.993	0.329
骨盆侧斜	3.83±1.73	3.60±1.26	0.765	0.450
骨盆旋转	5.58±2.64	5.78±2.89	-0.445	0.660
髋关节内收外展	9.60±2.77	7.87±2.64[a]	3.210	0.003
髋关节屈伸	29.83±6.31	28.43±4.49	1.553	0.131
髋关节旋转	11.15±4.09	8.70±3.95[a]	2.864	0.007
膝关节内外翻	9.82±3.68	7.63±3.41[a]	3.283	0.003
膝关节屈伸	44.24±4.51	45.28±7.90	-0.733	0.469
膝关节旋转	12.56±4.43	9.78±3.55[a]	3.969	<0.001
踝关节内外翻	12.73±4.14	11.73±3.40	1.291	0.206
踝关节屈伸	19.60±4.38	19.10±4,71	0.724	0.475
踝关节旋转	11.33±3.86	9.86±3.11[a]	3.025	0.005

注：与治疗前比较，[a] $P<0.05$

患者治疗后关节活动度对称指数均增加，除骨盆旋转和膝关节屈伸对称指数外，均有统计学（$P<0.05$）。由于膝关节内外翻对称指数有部分数据缺失，不计入统计。详见表 5。

表 5 患者治疗前后关节活动度对称指数比较（$\bar{x}\pm s$, n=40）

Table 5 Comparison of angular symmetry indices of joint angles in patients before and after treatment

对称指数（%）	治疗前	治疗后	*t* 值	*P* 值
骨盆侧倾	84.75±17.11	93.22±7.29[a]	-4.256	<0.001
骨盆侧斜	69.31±19.15	87.05±9.58[a]	-6.340	<0.001
骨盆旋转	89.86±14.01	92.73±10.08	-1.130	0.265
髋关节内收外展	87.16±12.74	92.95±5.69[a]	-3.355	0.002
髋关节屈伸	97.38±3.29	98.49±1.70[a]	-2.643	0.012
髋关节旋转	72.47±18.25	84.52±11.92[a]	-5.060	<0.001
膝关节内外翻	/	/	/	/
膝关节屈伸	97.84±3.94	98.27±2.40	-0.705	0.485
膝关节旋转	62.58±24.37	80.15±17.39[a]	-4.885	<0.001
踝关节内外翻	79.55±21.80	91.27±9.34[a]	-4.143	<0.001
踝关节屈伸	92.65±7.26	95.65±2.84[a]	-2.717	0.010
踝关节旋转	80.07±16.36	86.88±13.24[a]	-3.218	0.003

注：与治疗前比较，[a] $P<0.05$

2.4 不良反应及随访情况

本组 40 例 LDH 患者经住院治疗后，无一例在治疗中出现不良反应及毒副作用，治疗依从性好，配合度高。但在随访过程中有 5 名患者症状反复或再次入院治疗（１２．５％）。在统计病例及随访时发现，607 例患者有 53 例复发或再次入院治疗（８．７％）。

3 讨论

随着对 LDH 研究的逐渐深入，发现其发病不仅是由椎间盘退变、外伤、先天畸形导致，也与职业倾向、力学和遗传、怀孕、肥胖、高血脂等相关[7-9]。现代医学对于 LDH 的治疗主要为非甾体抗炎药、阿片类止痛药与手术治疗，药物虽可缓解腰痛症状并改善部分功能状态，但对神经疼痛的效果并不明显，且副作用和药物依赖的问题已经明显加剧了全球的疾病负担[10,11]。保守治疗无效、症状反复加重、神经压迫症状明显的患者，手术治疗是最优的选择，微创下腰椎间盘切除术是目前安全性、有效性与预后最好的手术方案，但仍有术后翻修、硬脑膜撕裂、神经根损伤等问题[12]。保守治疗是神经症状不明显或拒绝手术治疗的 LDH 患者的首选方法。中医学称本病为“腰腿痛”，多由跌扑损伤、气滞血瘀或肝肾亏虚导致，治以活血化瘀、舒筋通络。中医综合疗法是在中医理论指导下，综合使用中药内治，针灸、推拿等技术外治的个体化、分阶段的保守治疗方案，针对气滞血瘀证，针灸、推拿外治以腰腿部足太阳膀胱经穴为主穴，配以腰夹脊穴、足阳明经穴、足少阳经穴，以奏舒筋通络之功，中药内服外敷以骨碎补、狗脊、牛膝、鸡血藤、乳香、没药等为君，共起祛瘀行气止痛之效。虽有许多临床实践和专家共识证实了中医疗法的有效性，但对起效机制仅解释为

促进炎症消退与突出物的回纳等有关[13-15]，相关的循证医学证据仍不充分，且在生物力学方面的研究仍处于劣势阶段。

国内外已有较多通过可穿戴式惯性传感器或其他技术的研究进行了人体运动与生物力学的分析[16-18]，为临床试验的客观数据评估提供帮助。本回顾性研究结合了较新的步态分析方法，即可穿戴式惯性传感器系统，该方法设备软件运行要求低，操作简便，患者易于接受，且结果可靠[19-21]，既从生物力学的角度证明了中医疗法的有效性，又为该病保守治疗的力学研究提供了新的可能性和思路。本研究结果显示，LDH 患者经中医综合疗法治疗后，疼痛和功能障碍程度均有明显降低，在疗效和安全性方面不劣于康复运动或药物治疗；对比步态分析结果，显示该疗法对患者的步态与关节活动的改善有积极影响，促进了躯体运动的稳定性与对称性，尤其在髋、膝、踝关节运动稳定性方面的改善明显，这可能与该疗法减轻肌肉张力及抑制根性疼痛、增强腰椎节段肌肉的动态稳定性、促进神经调节、纠正运动力线等因素相关[22-24]，而且在低不良反应和高生活质量方面体现出优势，可为中医药治疗 LDH 提供循证依据。根据既往研究结果显示，LDH 保守治疗的复发率在 15%-25%[25,26]，而本次回顾性研究统计的复发率在 10%左右，低于其他治疗方法的复发率，但由于病例时间跨度较大，随访时间并不统一，所以复发率结果仅作为参考。此外，在纳入的 40 例 LDH 患者中，体重指数（body mass index, BMI）显示超重的（24≦BMI＜28）15 例，肥胖（BMI ≥28）10 例，超重率为 62.5%，肥胖率为 25%，与最新流行病学研究结果一致[27,28]，提示高 BMI 应为今后轻度 LDH 患者预防和治疗的重点关注方面。

本回顾性研究为应用可穿戴式惯性传感器系统分析中医综合疗法治疗 LDH 的初始研究，存在一定的局限性。第一，由于研究方法的限制，缺乏对照组，暂无中医综合疗法与其他保守疗法或健康对照组的对比；疾病的步态分析研究仍是不断更新和探索的领域，目前的研究显示，可穿戴式惯性传感器在时空参数方面提供了良好的有效性和可靠性，但在时空变异性、关节运动学等方面仍需改进研究设计以提供标准化方案和应用技术。虽有分析健康人步态参数的相关研究，但由于缺乏严格的实验方案和不同的处理技术，以及试验对象的较大差异，无法形成统一的分析标准[21,29]；第二，因为收集到的病例时间跨度较大，无法进行统一时间的随访，缺乏一个客观预后指标；第三，本研究一定程度上证明了中医药在 LDH 治疗中的有效性与作用优势，但中医综合治疗方案较为复杂，质量控制难度较大，步态分析数据的详细释义不足，临床指导作用不完善，所以未来设计课题不仅要提高循证医学等级，而且要细化、优化中医干预方案，丰富中医药治疗 LDH 的循证证据。

作者贡献：姚俊杰提出研究思路，负责数据收集、数据整理、论文撰写；王宇峰负责数据整理、提供统计学设计思路、协助编辑与修改；栗嘉徽、刘畅负责数据收集；庞婷婷进行统计分析；商强强进行项目管理、思路指导并对文章监督管理和审查。

本文无利益冲突。

参考文献

[1] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组, 中华医学会骨科学分会骨科康复学组. 腰椎间盘突出症诊疗指南[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(8): 477-487. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20200402-00213.
[2] KIM Y K, KANG D, LEE I, et al. Differences in the Incidence of Symptomatic Cervical and Lumbar Disc Herniation According to Age, Sex and National Health Insurance Eligibility: A Pilot Study on the Disease's Association with Work[J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15(10): 2094. DOI: 10.3390/ijerph15102094.
[3] PETIT A, ROQUELAURE Y. Low back pain, intervertebral disc and occupational diseases[J]. Int J Occup Saf Ergon, 2015, 21(1): 15-19. DOI: 10.1080/10803548.2015.1017940.
[4] 谢恩礼, 詹建国. 步态生物力学大数据分析研究进展[J]. 医用生物力学, 2021, 36(6): 984-989. DOI: 10.16156/j.1004-7220.2021.06.024.
[5] Lee K, Kim ES, Jung B, et al. Association between pain and gait instability in patients with lumbar disc herniation[J]. J Int Med Res, 2021, 49(8): 3000605211039386. DOI: 10.1177/03000605211039386.
[6] 国家中医药管理局. 中医病证诊断疗效标准[M]. 南京：南京大学出版社，2012: 201-202.
[7] MARTIROSYAN N L, PATEL A A, CAROTENUTO A, et al. Genetic Alterations in Intervertebral Disc Disease[J]. Front Surg, 2016, 3: 59. DOI: 10.3389/fsurg.2016.00059.
[8] SHI S, ZHOU Z, LIAO J J, et al. The impact and distinction of 'lipid healthy but obese' and 'lipid abnormal but not obese' phenotypes on lumbar disc degeneration in Chinese[J]. J

Transl Med, 2020, 18(1): 211. DOI: 10.1186/s12967-020-02382-0.
[9] SCHWARZ-NEMEC U, FRIEDRICH K M, PRAYER D, et al. Lumbar Intervertebral Disc Degeneration as a Common Incidental Finding in Young Pregnant Women as Observed on Prenatal Magnetic Resonance Imaging[J]. J Womens Health (Larchmt), 2020, 29(5): 713-720. DOI: 10.1089/jwh.2019.7964.
[10] KHOROMI S, CUI L, NACKERS L, et al. Morphine, nortriptyline and their combination vs. placebo in patients with chronic lumbar root pain[J]. Pain, 2007, 130(1-2): 66-75. DOI: 10.1016/j.pain.2006.10.029.
[11] GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. Lancet, 2018, 392(10159): 1789-1858. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)32279-7.
[12] SHI R, WANG F, HONG X, et al. Comparison of percutaneous endoscopic lumbar discectomy versus microendoscopic discectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a meta-analysis[J]. Int Orthop, 2019, 43(4): 923-937. DOI: 10.1007/s00264-018-4253-8.
[13] 陈祖平，董森，李辉，等.中医外治综合疗法治疗腰椎间盘突出症 1200 例疗效观察[J]. 中医杂志, 2015, 56(13): 1128-1130. DOI: 10.13288/j.11-2166/r.2015.13.014.
[14] 徐清平，宋登峰，朱晓峰，等.中药内服联合中医手法、针灸治疗腰椎间盘突出症的临床疗效[J]. 中华中医药学刊, 2018, 36(3): 765-768. DOI: 10.13193/j.issn.1673-7717.2018.03.066.
[15] 周谋望，岳寿伟，何成奇，等."腰椎间盘突出症的康复治疗"中国专家共识[J]. 中国康复医学杂志, 2017, 32(2): 129-135. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1242.2017.02.001.
[16] Artusi C A, Mishra M, Latimer P, et al. Integration of technology-based outcome measures in clinical trials of Parkinson and other neurodegenerative diseases[J]. Parkinsonism Relat Disord, 2018, 46 Suppl 1(Suppl 1): S53-S56. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2017.07.022.
[17] Salchow-Hömmen C, Skrobot M, Jochner MCE, et al. Review-Emerging Portable Technologies for Gait Analysis in Neurological Disorders[J]. Front Hum Neurosci, 2022, 16: 768575. DOI: 10.3389/fnhum.2022.768575.
[18] 陶帅，韩星，孔丽文，等.基于步态的机器学习模型识别遗忘型轻度认知障碍和阿尔茨海默病[J]. 中国全科医学, 2022, 25(31): 3857-3865. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2022.0437.
[19] 岳友，吴海贺，齐岩松，等.不同步态分析系统在骨性关节炎中的应用进展[J]. 科技导报, 2021, 39(22): 35-42.
[20] Di Lazzaro G, Ricci M, Saggio G, et al. Technology-based therapy-response and prognostic biomarkers in a prospective study of a de novo Parkinson's disease cohort[J]. NPJ Parkinsons Dis, 2021, 7(1): 82. DOI: 10.1038/s41531-021-00227-1.
[21] Kobsar D, Charlton JM, Tse CTF, et al. Validity and reliability of wearable inertial sensors in healthy adult walking: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neuroeng Rehabil, 2020, 17(1): 62. DOI: 10.1186/s12984-020-00685-3.
[22] Swanson BT, Creighton D. The degenerative lumbar disc: not a disease, but still an important consideration for OMPT practice: a review of the history and science of discogenic instability[J]. J Man Manip Ther, 2020, 28(4): 191-200. DOI: 10.1080/10669817.2020.1758520.
[23] Javadian Y, Akbari M, Talebi G, et al. Influence of core stability exercise on lumbar vertebral instability in patients presented with chronic low back pain: A randomized clinical trial[J]. Caspian J Intern Med, 2015, 6(2): 98-102.
[24] Mehyar F, Santos M, Wilson SE, et al. Immediate Effect of Lumbar Mobilization on Activity of Erector Spinae and Lumbar Multifidus Muscles[J]. J Chiropr Med, 2017, 16(4): 271-278. DOI: 10.1016/j.jcm.2017.09.001.
[25] Deyo RA, Mirza SK. CLINICAL PRACTICE. Herniated Lumbar Intervertebral Disk[J]. N Engl J Med, 2016, 374(18): 1763-1772. DOI: 10.1056/NEJMcp1512658.

[26] Kim MH, Lee YJ, Shin JS, et al. The Long-Term Course of Outcomes for Lumbar Intervertebral Disc Herniation following Integrated Complementary and Alternative Medicine Inpatient Treatment: A Prospective Observational Study[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2017, 2017: 5239719. DOI: 10.1155/2017/5239719.
[27] Siccoli A, Staartjes VE, Klukowska AM, et al. Overweight and smoking promote recurrent lumbar disk herniation after discectomy[J]. Eur Spine J, 2022, 31(3): 604-613. DOI: 10.1007/s00586-022-07116-y.
[28] Li Z, Yang H, Liu M, et al. Clinical Characteristics and Risk Factors of Recurrent Lumbar Disk Herniation: A Retrospective Analysis of Three Hundred Twenty-One Cases[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(21): 1463-1469. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002655.
[29] Palermo M, Lopes JM, André J, et al. A multi-camera and multimodal dataset for posture and gait analysis[J]. Sci Data, 2022, 9(1): 603. DOI: 10.1038/s41597-022-01722-7.